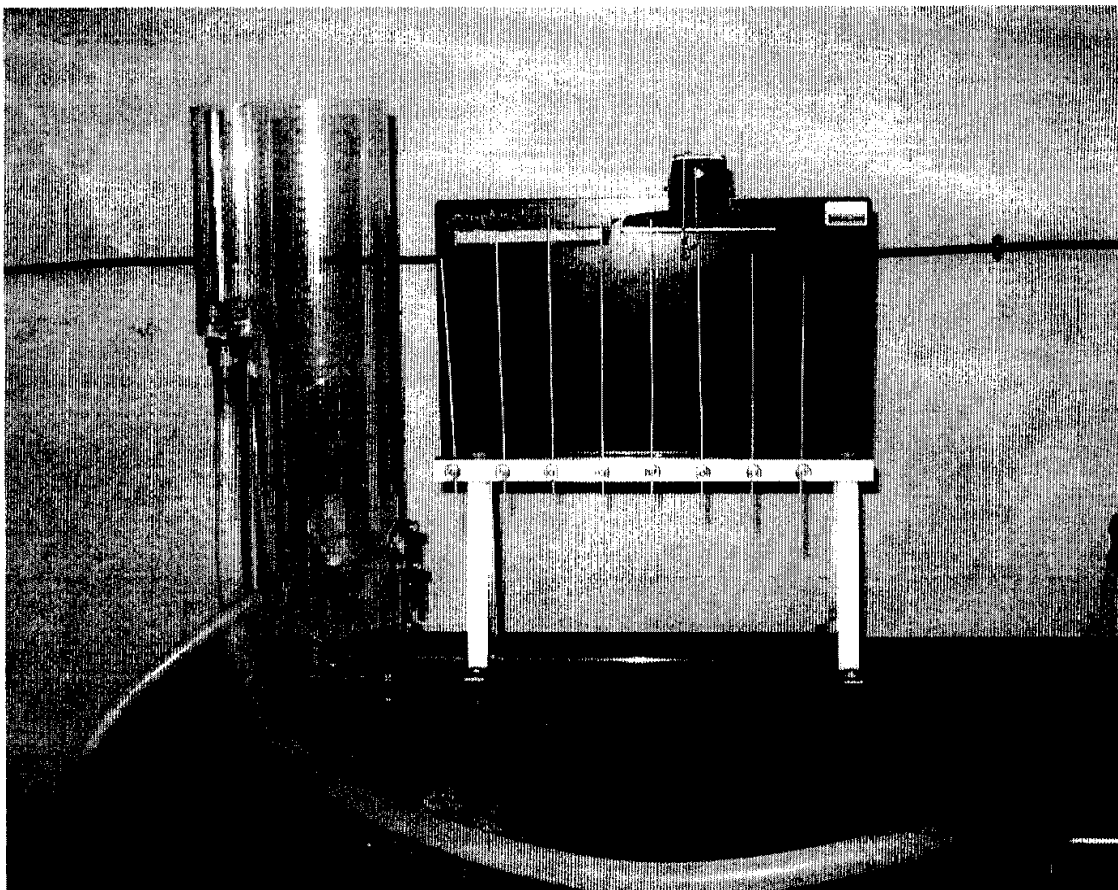


Université M<sup>ed</sup> Boudiaf de m'sila  
Faculté des sciences  
Département de physique  
1<sup>année</sup> master physiques énergétiques

*Banc d'essai pour déterminer  
expérimentalement le coefficient de débit  
et le coefficient de vitesse des orifices à  
parois minces*

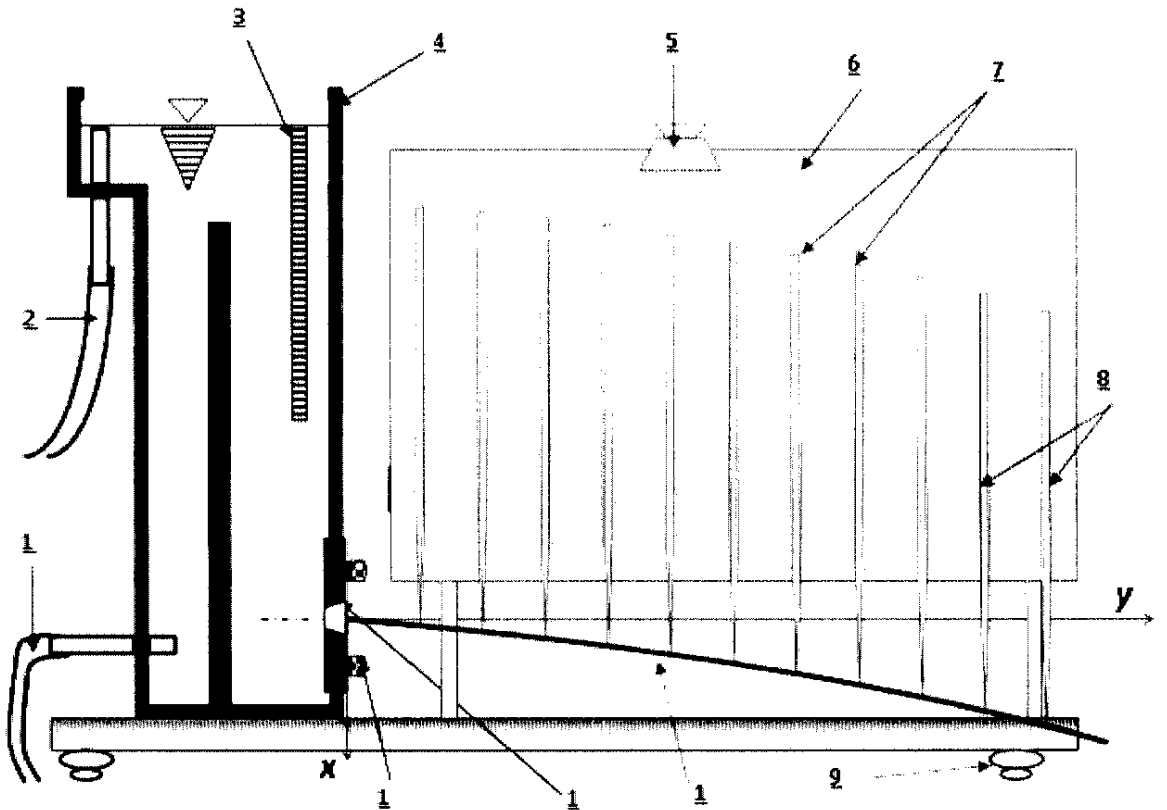


## 5.1. But :

Détermination du coefficient de débit  $C_d$  de deux orifices à parois minces, de 3mm et de 6mm de diamètres, par deux méthodes différentes :

- a. Ecoulement sous une charge constante

## 5.2. Description de l'installation



**Figure 5.1**

- |                 |                                    |                        |
|-----------------|------------------------------------|------------------------|
| 1. Alimentation | 2. Trop-plein                      | 3. Echelle graduée     |
| 4. Réservoir    | 5. Agrafe papier                   | 6. Tableau             |
| 7. Aiguille     | 8. Vis de fixation des aiguilles   | 9. Pieds réglables     |
| 10. Orifice     | 11. Ecrou de fixation de l'orifice | 12. Trajectoire du jet |

En appliquant l'équation de Bernoulli entre 1 et 2 (voir figure 5.2) pour l'écoulement d'un fluide, sous une charge constante  $h$ , à travers un orifice de section  $S_o$  et en affectant aux résultats obtenus un coefficient de correction  $C_d$ , dit coefficient de débit tenant compte des frottements et de la contraction de la veine liquide, on déduit :

$$Q_{rel} = C_d S_o \sqrt{2gh} \quad (5.1)$$

où

$Q_{th}$ : Débit théorique de l'écoulement

$Q_{rel}$ : Débit réel de l'écoulement

$C_d$ : Coefficient de débit

$S_R$ : Section du réservoir

$S_o$ : Section de l'orifice

#### 4. Mode opératoire : charge constante

1. Installez un des deux orifices (3 ou 6 mm voir fig. 5.2) et mesurez le diamètre du réservoir 4,
2. Branchez l'appareil au banc hydraulique et mettez-le à niveau à l'aide de pieds réglables 9,
3. En manipulant le trop-plein 2 et la vanne d'alimentation du banc hydraulique réglez une charge d'eau  $h$  maximale ( $\approx 400\text{mm}$ ).
4. Notez la charge et le débit correspondant sur le tableau 5.1,
5. Répétez le point (4) ci-haut pour différentes charges (voir tableaux ci-dessous) en manipulant le trop-plein 2,
6. Répétez la même procédure pour le deuxième orifice.

**Tableau 5.1 : Résultats expérimentaux**

Orifice de 6 mm					Orifice de 3 mm				
no	$h$ (m)	Vol (l)	$t$ (s)	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	no	$h$ (m)	Vol (l)	$t$ (s)	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
1	0.40				1	0.40			
2	0.38				2	0.38			
3	0.36				3	0.36			
4	0.34				4	0.34			
5	0.32				5	0.32			
6	0.30				6	0.30			
7	0.28				7	0.28			
8	0.26				8	0.26			
9	0.25				9	0.25			

1. Complétez le tableau 5.3 et déduire la valeur moyenne de  $C_d$
2. Tracez  $Q(\sqrt{h})$  à partir des données du tableau 5.3 et déduire la valeur moyenne de  $C_d$  à partir de la pente de la droite lissée,
3. Comparez les valeurs obtenues par les deux méthodes et dites quelle est l'influence du diamètre et de la charge sur  $C_d$ .

## 6.1. BUT :

Détermination du coefficient de vitesse  $C_V$  de deux orifices à parois minces ; de 3mm et de 6mm de diamètres.

En éliminant le temps  $t$  des équations (6.1) & (6.2), on déduit l'expression suivante qui permet d'estimer  $C_V$  étant donné  $x$  &  $y$  :

$$x^2 / h = 4 C_V^2 y \quad (6.3)$$

## 6.5. Calculs et résultats

1. Calculer  $x^2/h$  pour les deux orifices et portez ces valeurs sur le tableau 6.2 suivant. Calculez  $C_V$  pour différents points et différentes charges puis calculez la valeur moyenne pour chaque charge.
2. Tracez  $x^2/h$  en fonction de  $y$  pour différentes charges à partir du tableau 6.2. Déterminez les coefficients  $C_V$  pour les différentes charges à partir des pentes des courbes tracées.
3. Comparez les valeurs obtenues par les deux méthodes et dites quelle est l'influence de  $h$  sur le coefficient  $C_V$ ,

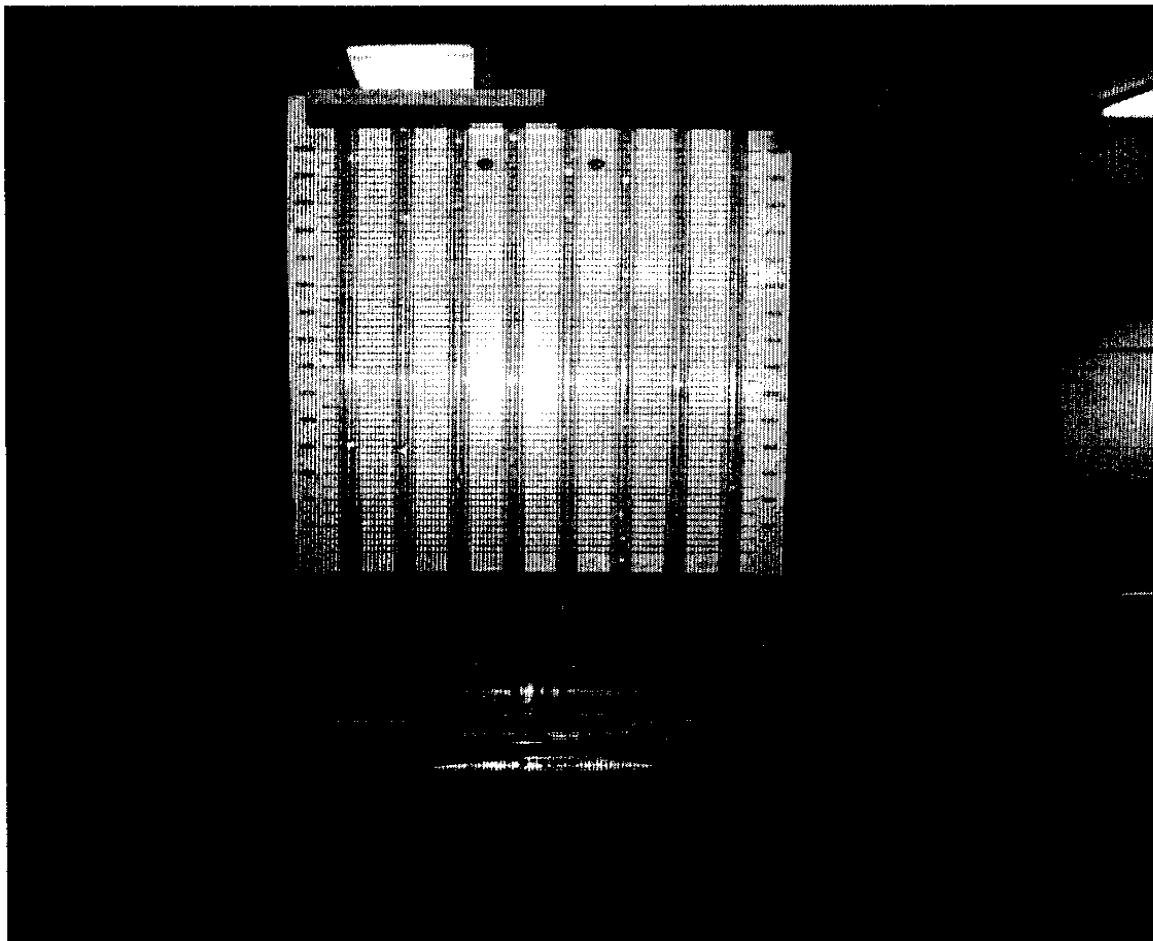
**Tableau 6.1: Résultats expérimentaux**

Orifice de 3 mm			
no	$h$ (m)	$x$ (m)	$y$ (m)
0	0.400	0.000	
1		0.050	
2		0.100	
3		0.150	
4		0.200	
5		0.250	
6		0.300	
7		0.350	
8		0.400	
0	0.350	0.000	
1		0.050	
2		0.100	
3		0.150	
4		0.200	
5		0.250	
6		0.300	
7		0.350	
8		0.400	
0	0.250	0.000	
1		0.050	
2		0.100	
3		0.150	
4		0.200	
5		0.250	
6		0.300	
7		0.350	
8		0.400	

Orifice de 6 mm			
no	$h$ (m)	$x$ (m)	$y$ (m)
0	0.400	0.000	
1		0.050	
2		0.100	
3		0.150	
4		0.200	
5		0.250	
6		0.300	
7		0.350	
8		0.400	
0	0.350	0.000	
1		0.050	
2		0.100	
3		0.150	
4		0.200	
5		0.250	
6		0.300	
7		0.350	
8		0.400	
0	0.250	0.000	
1		0.050	
2		0.100	
3		0.150	
4		0.200	
5		0.250	
6		0.300	
7		0.350	
8		0.400	

Université M<sup>ed</sup> Boudiaf de m'sila  
Faculté des sciences  
Département de physique  
1<sup>année</sup> master physiques énergétiques

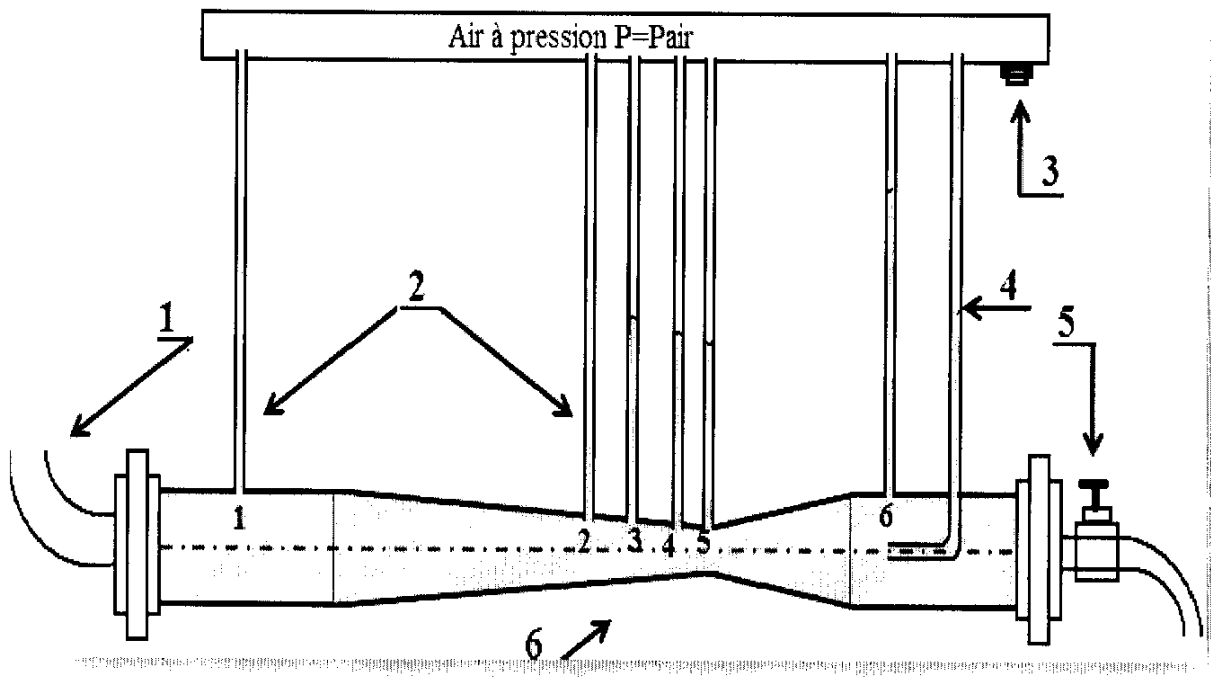
## *Banc d'essai pour vérifier expérimentalement le théorème de Bernoulli*



### 3.1. But :

Vérification expérimentale du théorème de Bernoulli.

### Description de l'installation :



**Figure 3.1: Schéma de l'installation**

- |                              |                                   |                         |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 1. Alimentation              | 2. Prises des pressions statiques | 3. Purgeur              |
| 4. Prise de pression d'arrêt | 5. Robinet de réglage             | 6. Convergent-divergent |

### 3.3. Théorie :

Le théorème de Daniel Bernoulli énonce que l'énergie mécanique totale d'un fluide en écoulement demeure constante en l'absence des pertes d'énergie par frottement. En d'autres termes, ceci peut être littéralement formulé d'une manière analytique comme suit (cf. figure 3.1) :

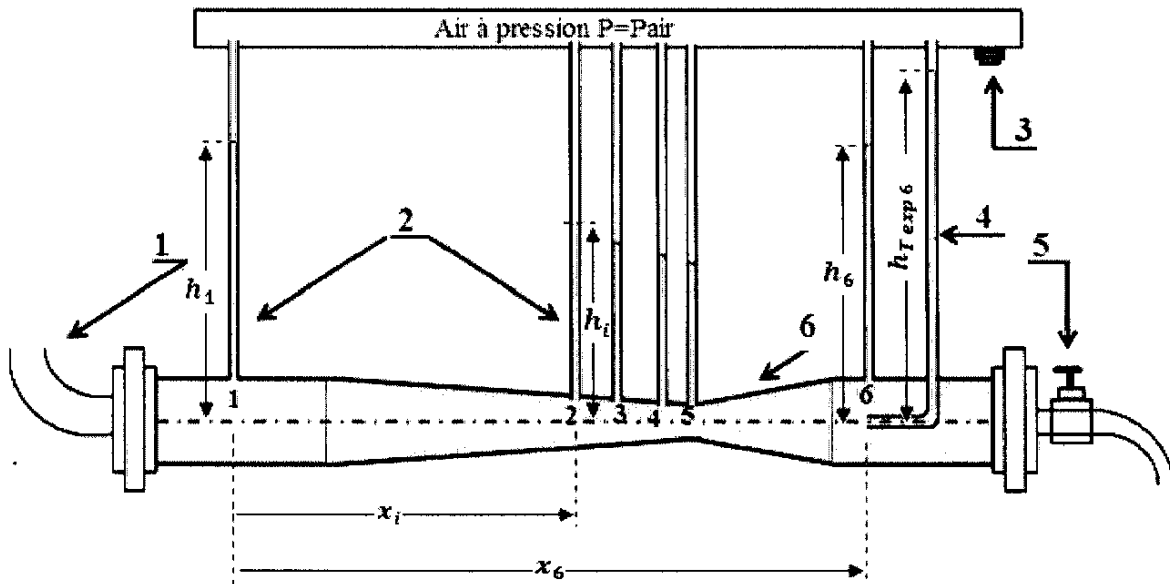
$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_i}{\rho g} + Z_i + \frac{V_i^2}{2g} \quad \text{avec } i = 2..6 \quad (3.1)$$

Dans la présente expérimentation on a, (cf. figures 3.1 & 3.2):

$$\frac{P_i}{\rho g} = h_i + \frac{P_{air}}{\rho_{air}g} \quad \text{pour } i = 1..6 \quad (3.2)$$

En substituant l'équation (3.2) dans (3.1) et prenant la référence horizontale au niveau de l'axe de la conduite (i.e.  $Z_i = 0$ ), on tire :

$$h_{T_{th}i} = h_i + \frac{V_i^2}{2g} = Const \quad \text{pour } i = 1..6 \quad (3.3)$$



**Figure 3.2: Ecoulement dans un convergent-divergent**

### 3.4. Mode opératoire :

1. Ajustez l'appareil dans le plan horizontal sur le banc hydraulique,
2. Branchez l'appareil à l'alimentation et remplissez d'eau les manomètres de telle sorte à chasser toutes les bulles d'air.
3. Fermez le robinet d'alimentation et le robinet de réglage et faites descendre le niveau d'eau dans les manomètres en se servant éventuellement de la pompe à main,
4. Réglez le débit maximum en fonction de la lecture maximale dans les manomètres en manipulant les robinets d'alimentation et celui de réglage,
5. Enregistrez le débit, les niveaux d'eau dans les six manomètres, le niveau d'eau dans le manomètre no.7 pour les 6 sections et portez les valeurs dans le tableau 3.1 suivant,
6. Reprenez le point (5) pour différents débits en manipulant le robinet de réglage.

**Tableau 3.1 : Résultats expérimentaux**

Débit $Q$ (l/s)	Section	Diamètre $d$ (mm)	Lecture prise statique $h$ (mm)	Lecture prise d'arrêt $h_{Texp}$ (mm)
	1	25.00		
	2	13.90		
	3	11.80		
	4	10.79		
	5	10.00		
	6	25.00		
	1	25.00		
	2	13.90		
	3	11.80		
	4	10.79		
	5	10.00		
	6	25.00		
	1	25.00		
	2	13.90		
	3	11.80		
	4	10.79		
	5	10.00		
	6	25.00		

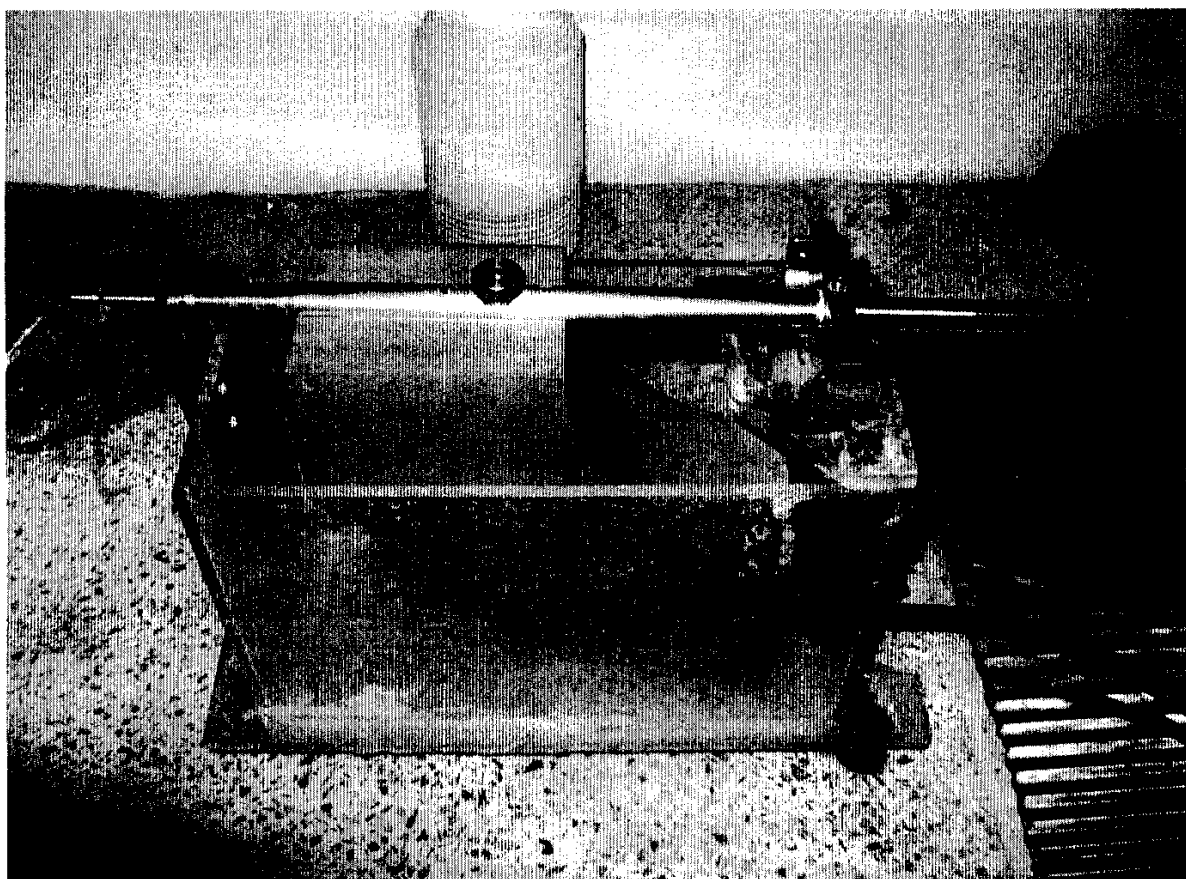
### 3.5. Calculs et résultats :

1. Pour chaque débit déterminez la vitesse d'écoulement à chaque section et estimez la charge totale théorique (diminuée de  $P_{air}/\rho_{air}g$ ) à partir de l'équation (3.3). Est-ce que la charge totale théorique est la même pour chaque section que celle mesurée expérimentalement par le monomètre 4 (figure 3.1). Si les estimations théoriques et expérimentales diffèrent dites pourquoi.
2. Discutez la validité de l'équation de Bernoulli, Eq.(3.3), pour le
  - a. Le convergent
  - b. Le divergent



Université M<sup>ed</sup> Boudiaf de m'sila  
Faculté des sciences  
Département de physique  
1<sup>année</sup> master physiques énergétiques

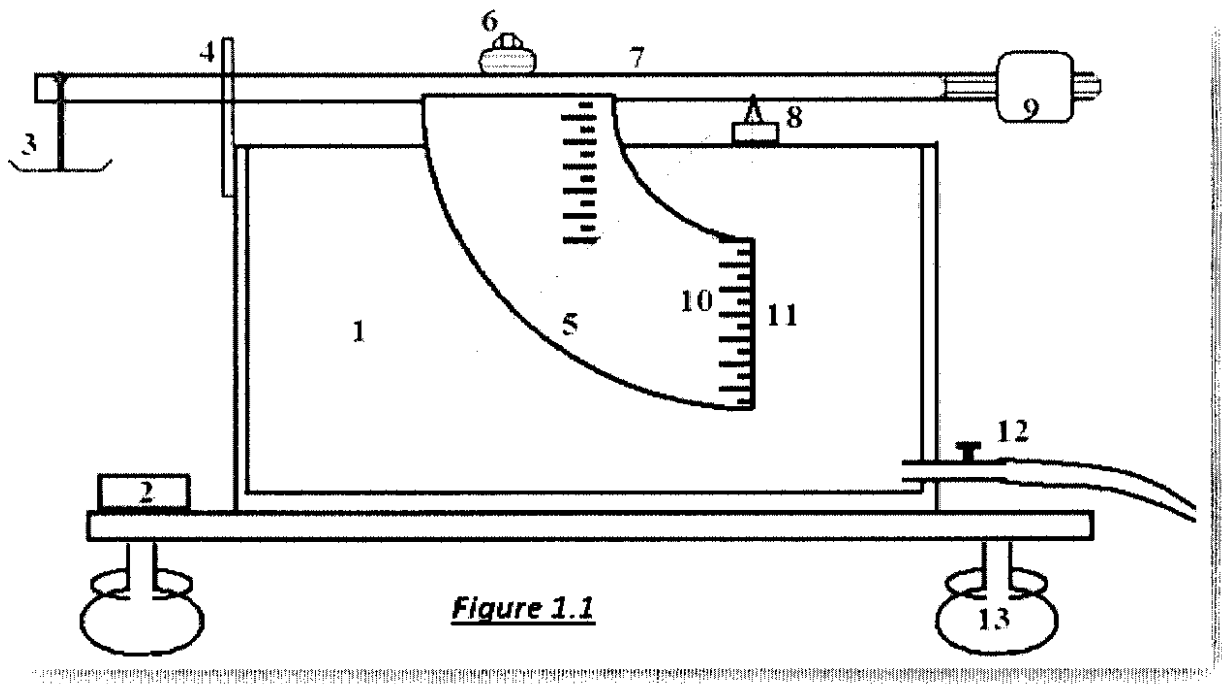
*Banc d'essai pour vérifier  
expérimentalement la résultante de  
l'intensité de la poussée hydrostatique et  
son point d'application*



## 1.1. But :

Vérifier expérimentalement l'intensité de la poussée hydrostatique sur une plaque plane partiellement submergée.

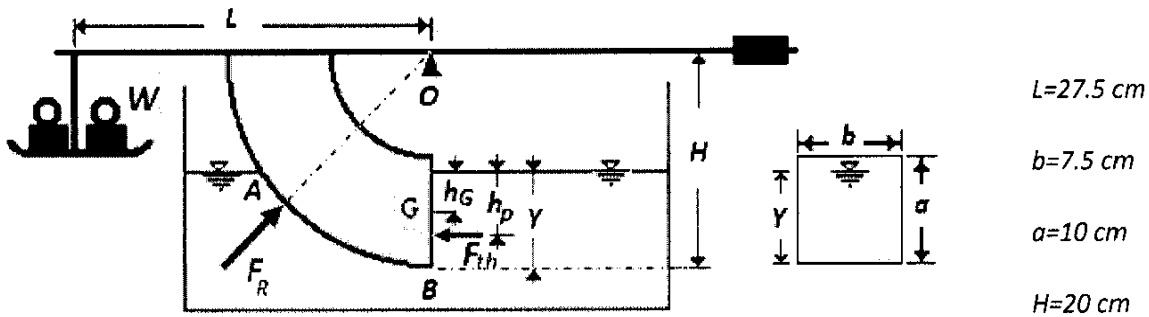
## 1.2. Description de l'installation



**Figure 1.1**

- |                       |                               |                         |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1. Réservoir          | 2. Niveau à eau               | 3. Plateau              |
| 4. Indicateur         | 5. Quadrant                   | 6. Fixation du quadrant |
| 7. Bras de la balance | 8. Pivot                      | 9. Contre poids         |
| 10. Graduations       | 11. Surface plane du quadrant | 12. Vidange             |
| 13. vis de réglables  |                               |                         |

### 1.3. Théorie



**Figure 1.2**

L'intensité de la résultante de la poussée hydrostatique sur la face  $y b$  (figure 1.2) est estimée théoriquement par

$$F_{th} = \rho g h_G y b \quad (1.1)$$

et son point d'application est situé à  $h_p = 2y/3$  à partir de la surface libre. Puisque  $AB$  appartient au cercle de centre  $O$ , donc le moment de la résultante hydrostatique  $F_R$  sur la face  $AB b$  par rapport à  $O$  est nul. Ainsi, en considérant l'équilibre autour du pivot  $O$ , on tire :

$$W_{th} = \frac{\rho g b y^2 (H - y/3)}{2L} \quad (1.2)$$

$W_{th}$ , donné par l'équation 1.2 ci-dessus, représente le poids qui doit être mis théoriquement sur le plateau pour établir l'équilibre du dispositif.

Les variables  $H, y, b, h_G$  et  $L$ , dans cette équation, sont représentées dans la figure 1.2.

Les symboles  $\rho$  et  $g$  représentent respectivement la masse volumique du liquide et l'accélération de la pesanteur.

### 1.4. Mode opératoire

1. A l'aide d'une règle graduée vérifier les valeurs de  $L, H, b$  et  $a$  donnée dans la figure 1.2.
2. Réglez l'appareil horizontalement à l'aide du niveau à eau **2** et la vis de réglage **13**,
3. Ajustez le bras de la balance **7** horizontalement à l'aide du contre poids **9** et du repère **4**,
4. Fermez le robinet de vidange **12**,
5. Posez un poids de  $10 \text{ g}$  sur le plateau de la balance,

6. Equilibrez le dispositif dans le plan horizontal en ajoutant graduellement de l'eau dans le réservoir 1,
7. Notez dans le tableau ci-dessous la valeur du poids et la hauteur d'eau  $y$  dans le réservoir,
8. Répétez les points 5 et 6 en ajoutant graduellement des poids jusqu'à ce que l'eau atteigne le niveau haut de la face plane du quadrant (c-a-d  $y=a$ ),
9. Répétez la procédure ci-haut en diminuant graduellement les poids. Notez les valeurs de  $y$  correspondantes dans le même tableau 1.

**Tableau 1.1: Résultats expérimentaux**

No	Phase de remplissage		Phase de vidange	
	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)
1	10			
2	20			
3	30			
etc.	...			
n		$\approx 100$		$\approx 100$

### 1.5. Calculs et résultats

1. Calculer  $W_{th}$  à partir de la formule (1.2) et complétez le tableau ci-dessous No.1.2.
2. Tracez la fonction  $W_{th}(y)$  à partir de l'équation (1.2) et comparez-la sur le même graphe avec les valeurs expérimentales.
3. Indiquez sur le même graphe (avec une échelle différente) les erreurs pourcent pour les différentes mesures effectuées et discuter les résultats.

**Tableau 1.2: Estimation des erreurs**

No	Phase de remplissage		Phase de vidange		Valeurs moyennes		Conversion et calcul			Erreur %
	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)	Niveau d'eau $y$ (mm)	Poids $W_{exp}$ (N)	Poids $W_{th}$ (Eq.2.2) (N)	
1	10									
2	20									
3	30									
etc.	...									

L'intensité de la résultante de la poussée hydrostatique sur la face  $S=ab$  est estimée théoriquement par

$$F_{th} = \rho g h_G S \quad (2.1)$$

et son point d'application est donné théoriquement par :

$$hp_{th} = h_G + \frac{I}{S h_G} \quad (2.2)$$

avec

$$y \leq a : \quad h_G = y/2, \quad I = \frac{y^3 b}{12} \quad \& \quad S = yb$$

$$y > a : \quad h_G = y - a/2, \quad I = \frac{a^3 b}{12} \quad \& \quad S = ab$$

L'équilibre des forces par rapport au pivot  $O$  donne :

$$hp_{exp} = \frac{W_{exp} L}{\rho g h_G S} - H + y \quad (2.3)$$

**Tableau 2.1 : Résultats expérimentaux**

No	Phase de remplissage		Phase de vidange	
	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)
1	10			
2	20			
3	30			
etc.	...			
n		≈ 160		≈ 160

## 2.5. Calculs et résultats

1. Calculer  $hp_{th}$  et  $hp_{exp}$  à partir des équations (2.2) et (2.3) et complétez le tableau 2.2 ci-dessous.
2. Tracez la fonction  $hp_{th}(y)$  à partir de l'équation (2.2) et comparez-la sur le même graphe avec les valeurs expérimentales obtenues par l'équation (2.3).
3. Indiquez sur le même graphe (avec une échelle différente) les erreurs pourcent pour les différentes mesures effectuées et discuter les résultats.

**Tableau 2.2 : Estimation des erreurs**

No	Phase de remplissage		Phase de vidange		Valeurs moyennes		Centre de poussée			Erreur %
	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)	Poids $W_{exp}$ (g)	Niveau d'eau $y$ (mm)	Niveau d'eau $y$ (m)	$hp_{exp}$ (Eq.2.3) (m)	$hp_{th}$ (Eq.2.2) (m)	
1	10									
2	20									
3	30									
etc.	...									